



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

G01W 1/14 (2020.02); E04D 15/00 (2020.02)

(21)(22) Заявка: 2019121248, 08.07.2019

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
08.07.2019

Дата регистрации:
08.10.2020

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 08.07.2019

(45) Опубликовано: 08.10.2020 Бюл. № 28

Адрес для переписки:

620002, Свердловская обл., г. Екатеринбург, ул.
Мира, 19, Центр интеллектуальной
собственности, Марк Т.В.

(72) Автор(ы):

Зайкова Ксения Андреевна (RU),
Фомин Никита Игоревич (RU),
Бернгардт Константин Викторович (RU),
Протасова Мария Алексеевна (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего
образования "Уральский федеральный
университет имени первого Президента
России Б.Н. Ельцина" (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: CA 3022235 A1, 26.04.2019. RU
2547000 C1, 10.04.2015. WO 2017044391 A2,
16.03.2017. RU 2449326 C2, 27.04.2012.

(54) СПОСОБ МОНИТОРИНГА СНЕГОВОЙ НАГРУЗКИ НА ПОКРЫТИИ ЗДАНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области мониторинга состояния строительных сооружений. Способ мониторинга снеговой нагрузки на покрытии зданий с применением БПЛА включает этапы дистанционного определения средней высоты снежного покрова h_s и средней расчетной плотности снега с учетом его слоистой структуры ρ_s на участке покрытия по результатам аэрофотосъемки покрытия с использованием БПЛА при наличии и отсутствии снежного покрова. Величину ρ_s определяют по известным физическим моделям в зависимости от температуры воздуха и находят среднюю величину расчетной снеговой нагрузки на участке

покрытия P_s . Полученное значение сравнивают с расчетной предельной величиной снеговой нагрузки на участке покрытия $P_{s \text{ ult}}$, определенной в соответствии с требованиями действующих нормативных документов, при выполнении условия $0,9 P_{s \text{ ult}} \leq P_s \leq P_{s \text{ ult}}$ на соответствующем участке покрытия принимают состояние, предшествующее моменту возникновения сверхнормативной снеговой нагрузки. Технический результат заключается в обеспечении возможности повышения точности дистанционного определения параметров снежного покрова.



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

G01W 1/14 (2020.02); E04D 15/00 (2020.02)(21)(22) Application: **2019121248, 08.07.2019**

(24) Effective date for property rights:
08.07.2019

Registration date:
08.10.2020

Priority:

(22) Date of filing: **08.07.2019**(45) Date of publication: **08.10.2020 Bull. № 28**

Mail address:

**620002, Sverdlovskaya obl., g. Ekaterinburg, ul.
Mira, 19, Tsentr intellektualnoj sobstvennosti,
Marks T.V.**

(72) Inventor(s):

**Zajkova Kseniya Andreevna (RU),
Fomin Nikita Igorevich (RU),
Bergardt Konstantin Viktorovich (RU),
Protasova Mariya Alekseevna (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federal State Autonomous Educational
Institution of Higher Education Ural Federal
University named after the first President of
Russia B.N.Yeltsin (RU)**

(54) **SNOW LOADS MONITORING METHOD ON BUILDINGS COVERS USING UNMANNED AERIAL VEHICLES**

(57) Abstract:

FIELD: aviation.

SUBSTANCE: invention relates to monitoring of condition of building structures. Method of snow load monitoring on buildings covering with application of UAV includes stages of remote determination of average height of snow cover h_s and average design density of snow taking into account its layered structure ρ_s in section of coating according to results of aerial photo coverage using UAV in presence and absence of snow cover. Value ρ_s is determined from known physical models depending on air temperature and average value of calculated snow load is determined in

coating area P_s . Obtained value is compared with the design limit value of the snow load in the coating area $P_{s \text{ ult}}$ determined in accordance with the requirements of the valid normative documents, if condition $0.9 P_{s \text{ ult}} \leq P_s \leq P_{s \text{ ult}}$ is met in the corresponding section of the coating, the state preceding the moment occurrence of excessive snow load.

EFFECT: technical result is enabling improvement of accuracy of remote determination of snow cover parameters.

1 cl

Предлагаемый способ относится к области строительства, и может быть использован при оценке снеговой нагрузки на покрытия здания в целом и его отдельных участках для оперативного предупреждения возникновения сверхнормативной снеговой нагрузки на покрытия здания в целом и его отдельных участках.

5 Известен способ определения высоты снежного покрова, позволяющий осуществлять мониторинг снеговой нагрузки, при котором на вертикальной рейке, установленной при помощи треноги, имеются цифровые термометры, показания которых передаются при помощи USB кабеля на компьютер, где по специальной программе вычисляется высота снежного покрова (Патент РФ № 2542598, опубл. 20.02.2015). Недостатком
10 известного способа является возможность его реализации только на территории метеорологических станций. Кроме того, при использовании указанного способа, возникает необходимость устройства USB кабеля под землей.

Известен способ определения плотности снега, позволяющий осуществлять мониторинг снеговой нагрузки, путем отбора проб снега в пробоотборный цилиндр с
15 дальнейшим определением плотности взятого образца в лабораторных условиях (Патент РФ № 2047121, опубл. 21.10.1995). Данный способ определения плотности снежного покрова на покрытии здания является технологически нецелесообразным для решения задачи – определения величины снеговой нагрузки при ее мониторинге.

Техническая проблема заключается в отсутствии способов дистанционного
20 определения параметров снежного покрова на покрытии зданий, позволяющих осуществлять мониторинг снеговой нагрузки и оперативно предупреждать возникновение сверхнормативной снеговой нагрузки на покрытии здания в целом и его отдельных участках.

Указанная проблема решается за счет того, что способ мониторинга снеговой
25 нагрузки на покрытии зданий с применением беспилотных летательных аппаратов (далее по тексту БПЛА), характеризуется тем, что предварительно размечают сеть контрольных точек так, чтобы площадь каждого участка покрытия, содержащего контрольную точку не превышала 5 м^2 , после выполняют аэрофотосъемку покрытия
30 здания при отсутствии снежного покрова с применением БПЛА, оборудованного камерой, и определяют высотные отметки H контрольных точек на поверхности покрытия, при этом для каждого участка покрытия, содержащего контрольную точку, определяют расчетную предельную величину снеговой нагрузки $P_{s \text{ ult}}$ в соответствии с требованиями действующих нормативных документов, после каждого выпадения
35 атмосферных осадков в виде снега выполняют аэрофотосъемку покрытия здания при наличии на нем снежного покрова с применением БПЛА, оборудованного камерой, и определяют высотные отметки H_s контрольных точек, после находят среднюю высоту снежного покрова на участке покрытия, содержащего контрольную точку, h_s , при этом по известным физическим моделям, в зависимости от температуры воздуха определяют
40 среднюю расчетную плотность снега ρ_s с учетом его слоистой структуры для соответствующего участка покрытия, после обрабатывают полученные данные и находят среднюю величину расчетной снеговой нагрузки P_s на участке покрытия, содержащего контрольную точку, полученное значение P_s сравнивают с расчетной
45 предельной величиной снеговой нагрузки на участке покрытия $P_{s \text{ ult}}$, при выполнении условия $0,9 P_{s \text{ ult}} \leq P_s \leq P_{s \text{ ult}}$ на соответствующем участке покрытия принимают состояние, предшествующее моменту возникновения сверхнормативной снеговой нагрузки, при этом среднюю высоту снежного покрова на участке покрытия, h_s , м

находят по формуле:

$$h_s = H_s - H, (1)$$

где H_s – высотная отметка контрольной точки поверхности покрытия при наличии на нем снежного покрова, м;

H – высотная отметка контрольной точки поверхности покрытия при отсутствии на нем снежного покрова, м,

при этом среднюю величину расчетной снеговой нагрузки на участке покрытия P_s ,

H/m^2 находят по формуле:

$$P_s = \rho_s \cdot h_s \cdot g, (2)$$

где P_s – средняя величина расчетной снеговой нагрузки на участке покрытия, H/m^2 ;

h_s – средняя высота снежного покрова на участке покрытия, м;

ρ_s – средняя расчетная плотность снега с учетом его слоистой структуры на участке

покрытия, $кг/м^3$;

g – ускорение свободного падения тела.

Технологическая последовательность мониторинга снеговой нагрузки на покрытии зданий с применением БПЛА по заявленному способу реализуется следующим образом.

1 этап: выполняют аэрофотосъемку покрытия здания при отсутствии снежного покрова с применением БПЛА, и определяют высотные отметки H , м для заранее размеченной сети контрольных точек на поверхности покрытия. Сеть контрольных точек при этом должна быть равномерно распределена по площади всего покрытия так, чтобы площадь каждого участка покрытия, содержащего контрольную точку не превышала $5 м^2$, сгущаясь, при необходимости, на участках возможных снеговых отложений.

2 этап: для каждого участка покрытия здания, содержащего контрольную точку, определяют расчетную предельную величину снеговой нагрузки $P_{s \text{ ult}}$, H/m^2 с учетом фактического технического состояния несущих конструкций участка покрытия, условий его эксплуатации, а также уровня ответственности здания в соответствии с требованиями действующих нормативных документов.

3 этап: после каждого выпадения атмосферных осадков в виде снега выполняют аэрофотосъемку покрытия здания при наличии

снежного покрова с применением БПЛА, оборудованного камерой и определяют высотные отметки H_s , м контрольных точек на поверхности покрытия, находят среднюю высоту снежного покрова на участке покрытия, содержащего контрольную точку, h_s , м, по формуле (1).

4 этап: определяют среднюю расчетную плотность снега ρ_s , $кг/м^3$ с учетом его слоистой структуры для каждого участка покрытия, содержащего контрольную точку, используя известные физические модели, например [Казакова Е.В. Алгоритм расчета высоты свежеснежного покрова предназначенный для постпроцессинга систем атмосферного моделирования (на примере COSMO). Москва. Изд-во «Гидрометеорологический научно-исследовательский центр Российской Федерации», 2013, с. 195-212], в зависимости от температуры воздуха, измеренной во время осуществления аэрофотосъемки по этапу 2. Температуру воздуха определяют с использованием термометра.

5 этап: данные, полученные по результатам этапов 1, 3, 4, автоматически

обрабатывают, в результате чего, находят среднюю величину расчетной снеговой нагрузки на участке покрытия P_s , Н/м² по формуле (2).

Величину P_s находят для каждого участка покрытия, содержащего контрольную точку.

6 этап: для каждого участка покрытия, содержащего контрольную точку, производят сравнение средней величины расчетной снеговой нагрузки P_s , найденной в результате этапа 5, с расчетной предельной величиной снеговой нагрузки $P_{s \text{ ult}}$, определенной в результате этапа 2.

В случае, если на участке покрытия, содержащего контрольную точку, средняя величина расчетной снеговой нагрузки P_s находится в интервале $0,9 P_{s \text{ ult}} \leq P_s \leq P_{s \text{ ult}}$, то на данном участке принимают предкритическое состояние, предшествующее моменту возникновения сверхнормативной снеговой нагрузки.

В этом случае принимают решение по очистке обнаруженного участка покрытия от снежного покрова с целью предотвращения истощения несущей способности его несущих конструкций и, как следствие, его обрушения.

Технический результат заключается в том, что осуществление мониторинга снеговой нагрузки на покрытии зданий с применением БПЛА по заявленному способу позволяет с высокой точностью дистанционно определить параметры снежного покрова на покрытии здания с учетом его слоистой структуры, в следствие которого, оперативно предупредить ситуацию возникновения сверхнормативной снеговой нагрузки на покрытии здания в целом и его отдельных участках.

(57) Формула изобретения

Способ мониторинга снеговой нагрузки на покрытии зданий с применением беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), характеризующийся тем, что предварительно размечают сеть контрольных точек так, чтобы площадь каждого участка покрытия, содержащего контрольную точку не превышала 5 м², после выполнения аэрофотосъемки покрытия здания при отсутствии снежного покрова с применением БПЛА, оборудованного камерой, и определяют высотные отметки H контрольных точек на поверхности покрытия, при этом для каждого участка покрытия, содержащего контрольную точку, определяют расчетную предельную величину снеговой нагрузки $P_{s \text{ ult}}$ в соответствии с требованиями действующих нормативных документов, после каждого выпадения атмосферных осадков в виде снега выполняют аэрофотосъемку покрытия здания при наличии на нем снежного покрова с применением БПЛА, оборудованного камерой, и определяют высотные отметки H_s контрольных точек, после находят среднюю высоту снежного покрова на участке покрытия, содержащего контрольную точку, h_s , при этом по известным физическим моделям, в зависимости от температуры воздуха определяют среднюю расчетную плотность снега ρ_s с учетом его слоистой структуры для соответствующего участка покрытия, после обрабатывают полученные данные и находят среднюю величину расчетной снеговой нагрузки P_s на участке покрытия, содержащего контрольную точку, полученное значение P_s сравнивают с расчетной предельной величиной снеговой нагрузки на участке покрытия $P_{s \text{ ult}}$, при выполнении условия $0,9 P_{s \text{ ult}} \leq P_s \leq P_{s \text{ ult}}$ на соответствующем участке покрытия принимают состояние, предшествующее моменту возникновения сверхнормативной снеговой нагрузки, при этом среднюю высоту снежного покрова на участке покрытия,

h_s , м находят по формуле

$$h_s = H_s - H, (1)$$

где H_s – высотная отметка контрольной точки поверхности покрытия при наличии на нем снежного покрова, м;

H – высотная отметка контрольной точки поверхности покрытия при отсутствии на нем снежного покрова, м,

при этом среднюю величину расчетной снеговой нагрузки на участке покрытия P_s ,

H/m^2 , находят по формуле

$$P_s = \rho_s \cdot h_s \cdot g, (2)$$

где P_s – средняя величина расчетной снеговой нагрузки на участке покрытия, H/m^2 ;

h_s – средняя высота снежного покрова на участке покрытия, м;

ρ_s – средняя расчетная плотность снега с учетом его слоистой структуры на участке покрытия, $кг/м^3$;

g – ускорение свободного падения тела.